

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Gagasan dan ide penyusun tentang Tugas Akhir ini didasari atas pengamatan yang dilakukan ketika melakukan Kerja Praktek di PT PLN (Persero) Area Surakarta. Penyusun menemukan ketertarikan pada sistem jaringan distribusi yang terdapat pada pelanggan premium yang tidak atau jarang sekali mengalami padam walaupun terjadi gangguan pada penyulang utamanya. Selain itu referensi diperoleh dari jurnal dan laporan Tugas Akhir maupun Skripsi yang sebelumnya sudah ada.

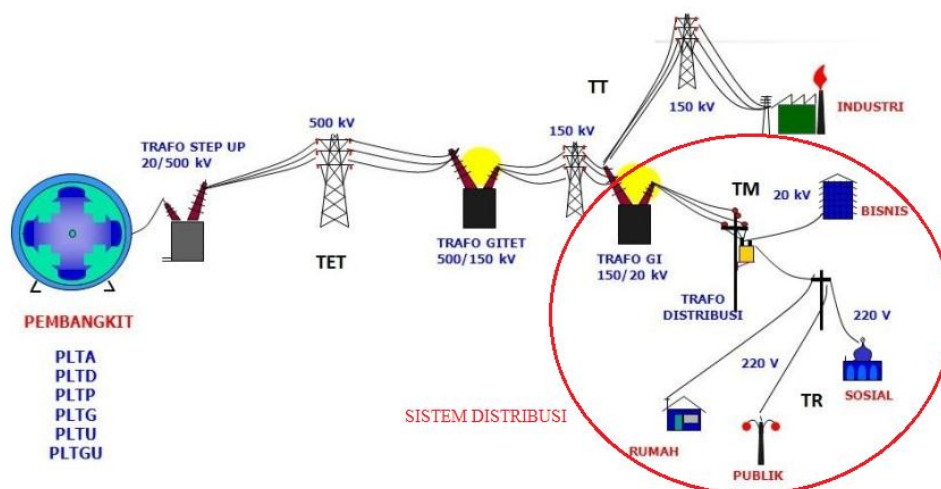
Adapun jurnal yang berkaitan dengan judul Tugas Akhir penyusun yaitu berasal dari Dharu Rendro Anom Prabowo (D 400 122 001) mahasiswa Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan judul “Studi keandalan penggunaan *cubicle* 20 KV *double incoming* dengan perencanaan *setting* ATS untuk optimalisasi pembebanan pelanggan di atas 1 MVA pada PLN APJ Surakarta”. Hendy A Susanto mahasiswa Universitas Kristen Petra dengan judul “Studi perencanaan *setting* ATS penyulang 1 penyulang 2 terhadap optimalisasi pembebanan pelanggan potensial di PLN Distribusi Jawa Timur”.

Perbedaan dengan Tugas Akhir penyusun adalah, penyusun mengangkat tema tentang kelebihan sistem jaringan distribusi pada pelanggan premium yang disertai dengan pembuatan alat simulasi, sedangkan jurnal di atas hanya menganalisa kelebihan dari *cubicle double incoming* serta perencanaan *setting* ATS. Tugas Akhir penyusun menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560

yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Dengan menggunakan mikrokontroler, maka pemrograman alat dilakukan melalui suatu software dengan bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dikembangkan sendiri. Selain itu alat simulasi ini juga dapat dikontrol dan dimonitoring melalui HMI dengan sistem SCADA, sehingga pengoperasiannya dapat secara lokal maupun *remote*.

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dimulai dari PMT *incoming* di Gardu Induk sampai dengan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen. Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk sebagai pusat beban ke pelanggan-pelanggan secara langsung atau melalui gardu-gardu distribusi (gardu trafo) dengan mutu yang memadai sesuai stándar pelayanan yang berlaku^[2]. Gambar 2.1 merupakan sistem distribusi tenaga listrik.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[3]

Dilihat dari tegangannya, sistem distribusi pada saat ini dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

- a. Distribusi Primer, sering disebut sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) yaitu jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk menghubungkan gardu induk sebagai suplai tenaga listrik dengan gardu- gardu distribusi. Jaringan Tegangan Menengah menggunakan tegangan operasi nominal sebesar 11,6 kV / 20 kV
- b. Distribusi Sekunder, sering disebut sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yaitu jaringan tenaga listrik yang dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan sambungan rumah (SR) pada pelanggan. Sistem jaringan ini berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi sampai ke konsumen. Jaringan Tegangan Rendah menggunakan tegangan operasi nominal 220 / 380 V

Dilihat dari sistem pentanahannya, sistem distribusi dapat dibedakan menjadi beberapa macam, hal ini disebabkan keterlambatan PLN dalam menguasai teknologi dan standarisasi, sehingga terpaksa mengikuti konsep dan standar negara–negara pemberi dana dan konsultannya masing masing. Tiga pola utama sistem distribusi 20 kV yang ada dan berkembang di pulau Jawa yaitu:

- a. Sistem pentanahan netral dengan tahanan tinggi di PLN Distribusi Jawa Timur
- b. Sistem pentanahan netral langsung sepanjang jaringan di PLN Distribusi Jateng dan DIY
- c. Sistem pentanahan netral dengan tahanan rendah yang berlaku di PLN Distribusi Jawa Barat dan PLN Distribusi DKI Jaya^[4].

Di mana masing-masing memiliki karakter dan kekhususan tersendiri yang akan dijadikan sebagai dasar bagi perkembangan sistem distribusi di daerah yang sedang berkembang. Dilihat dari pengawatanya dapat dipisahkan menjadi 2 macam yaitu:

- a. Sistem Distribusi 20 kV tiga fasa tiga kawat terdapat pada sistem distribusi 20 kV dengan pentanahan netral tinggi dan pada sistem distribusi 20 kV dengan pentanahan netral rendah.
- b. Sistem Distribusi 20 kV tiga fasa empat kawat terdapat pada sistem distribusi 20 kV dengan netral pentanahan langsung.

2.3 Gangguan Jaringan Distribusi

Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi biasanya merupakan gangguan - gangguan yang terkait dengan saluran penghantar dan peralatan - peralatan gardu distribusi seperti trafo distribusi, kawat pentanahan dan sebagainya. Seperti pada sistem tenaga umumnya, maka gangguan yang terjadi pada sistem distribusi dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang sering terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik. Gangguan hubung singkat dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau 1 fasa ke tanah dan sifatnya bisa permanen atau temporer^[5]. Gangguan permanen tidak akan dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan permanen dapat terjadi karena hubung singkat pada kabel, belitan trafo maupun pada generator. Gangguan temporer

merupakan gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan temporer biasanya terjadi karena sambaran petir, *flashover* karena pohon atau tertiuap angin.

2. Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih terjadi karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan. Beban lebih adalah sejumlah arus yang mengalir yang lebih besar dari arus nominal. Hal ini terjadi karena penggunaan daya listrik oleh konsumen melampaui kapasitas nominal mesin. Jika gangguan ini dibiarkan maka dapat mengurangi umur peralatan listrik.

3. Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih juga termasuk gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi. Berdasarkan penyebabnya maka gangguan tegangan lebih ini dapat dikelompokkan atas 2 hal:

a. Tegangan lebih power frekuensi.

Pada sistem distribusi hal ini biasanya disebabkan oleh kesalahan pada AVR atau pengatur tap pada trafo distribusi^[6]

b. Tegangan lebih surja

Gangguan ini biasanya disebabkan oleh surja hubung atau surja petir.

2.4 Layanan Pelanggan Premium

Layanan premium merupakan salah satu produk layanan yang diberikan oleh PT. PLN (Persero) dengan menjamin pasokan listrik kepada pelanggan. Pelanggan disuplai lebih dari 1 pasokan listrik, sehingga tidak mengalami pemadaman ketika terjadi gangguan listrik di jalur utamanya. Konfigurasi jaringan terdiri dari dua penyulang yang masing-masing bersumber dari Gardu Induk yang berbeda. Dua penyulang ini bekerja secara bergantian dengan salah satu penyulang merupakan sumber suplai utama dan satu penyulang lainnya berfungsi sebagai jaringan cadangan, dan di antara keduanya *dipasang Automatic Change Over Switch* yang secara otomatis dapat berpindah jaringan ketika sumber utama pada jaringan listrik tersebut mengalami, dan secara otomatis pula kembali ke penyulang utama ketika penyulang utama telah kembali normal^[7]. Layanan premium dibagi menjadi 4 kategori antara lain:

a. Layanan Khusus Premium *Platinum*

1. Pelanggan tidak dikenakan pengurangan daya sementara bila PLN krisis (*load curtailment*)
2. Pelanggan tidak dipadamkan bila sistem PLN krisis (tidak dipasang OLS pada penyulang)
3. Apabila pelanggan memiliki pembangkit sendiri, maka pelanggan diizinkan untuk melakukan paralel ke sistem PLN 100% dari daya pembangkit yang dimiliki.

4. Apabila terjadi pemadaman, maka pelanggan akan mendapatkan pengurangan tagihan sebesar 10% dari tagihan rekening. Atau maksimal setara dengan besaran rekening 40 jam nyala.
5. Harga per KWh yang ditetapkan sebesar Rp 1.597,28^[8]

b. Layanan Khusus Premium *Gold*

1. Pelanggan tidak dikenakan pengurangan daya sementara bila PLN krisis (*load curtailment*)
2. Pelanggan tidak dipadamkan bila sistem PLN krisis (tidak dipasang OLS pada penyulang)
3. Apabila pelanggan memiliki pembangkit sendiri, maka pelanggan diizinkan untuk melakukan paralel ke sistem PLN 100% dari daya pembangkit yang dimiliki
4. Apabila terjadi pemadaman, maka pelanggan akan mendapatkan pengurangan tagihan sebesar 10% dari tagihan rekening. Atau maksimal setara dengan besaran rekening 40 jam nyala.
5. Harga per KWh yang ditetapkan sebesar Rp 1.572,28^[8]

c. Layanan Khusus Premium *Silver*

1. Pelanggan tidak dikenakan pengurangan daya sementara bila PLN krisis (*load curtailment*)
2. Pelanggan tidak dipadamkan bila sistem PLN krisis (tidak dipasang OLS pada penyulang)

3. Apabila pelanggan memiliki pembangkit sendiri, maka pelanggan tidak diizinkan untuk melakukan paralel ke sistem PLN.
4. Apabila terjadi pemadaman, maka pelanggan akan mendapatkan pengurangan tagihan sebesar 10% dari tagihan rekening. Atau maksimal setara dengan besaran rekening 40 jam nyala.
5. Harga per KWh yang ditetapkan sebesar Rp 1.522,28^[8]

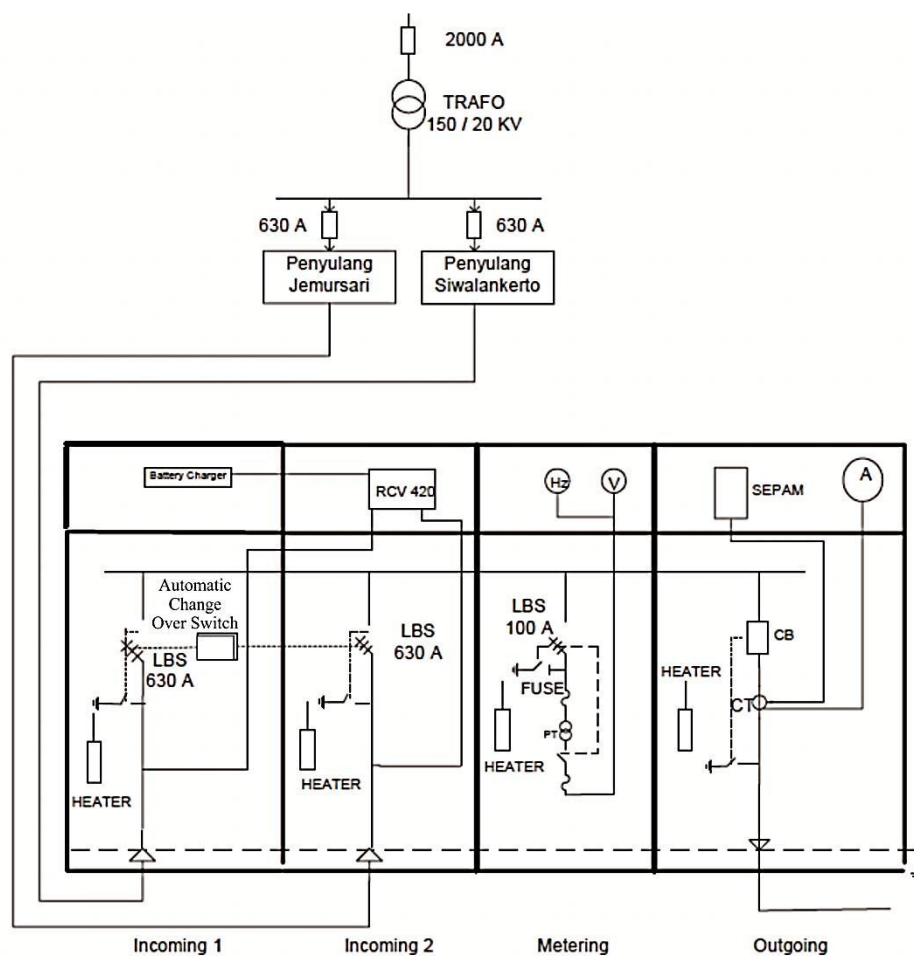
d. Layanan Khusus Premium *Bronze*

1. Pelanggan dikenakan pengurangan daya sementara bila PLN krisis (load curtailment) tetapi diurutan terakhir.
2. Pelanggan dipadamkan bila sistem PLN krisis (dipasang OLS pada penyulang), tetapi pada urutan terakhir.
3. Apabila pelanggan memiliki pembangkit sendiri, maka pelanggan tidak diizinkan untuk melakukan paralel ke sistem PLN 100% dari daya pembangkit yang dimiliki
4. Apabila terjadi pemadaman, maka pelanggan akan mendapatkan pengurangan tagihan sebesar 10% dari tagihan rekening. Atau maksimal setara dengan besaran rekening 40 jam nyala.
5. Harga per KWh yang ditetapkan sebesar Rp 1.497,28^[8]

2.5 *Cubicle Double Incoming*

Cubicle adalah seperangkat peralatan listrik yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik

tegangan 20 KV. Dalam sistem jaringan distribusi pada pelanggan premium jenis *cubicle* yang digunakan adalah *cubicle double incoming*. Jenis *cubicle* tersebut dicatu oleh dua penyulang, penyulang 1 sebagai penyulang normal dan penyulang 2 sebagai penyulang *standby*. Dimana penyulang normal akan bekerja terlebih dahulu dan penyulang *standby* akan bekerja jika penyulang normal mengalami gangguan. Gambar 2.2 merupakan contoh *cubicle double incoming*.



Gambar 2.2 *Cubicle Double Incoming*^[9]

Dilihat dari segi konstruksinya, *cubicle double incoming* terdiri dari tiga unit *cubicle* yaitu *cubicle incoming* tipe NSM untuk dua buah penyulang, *cubicle metering*, dan *cubicle outgoing* yang masing-masing terhubung dengan

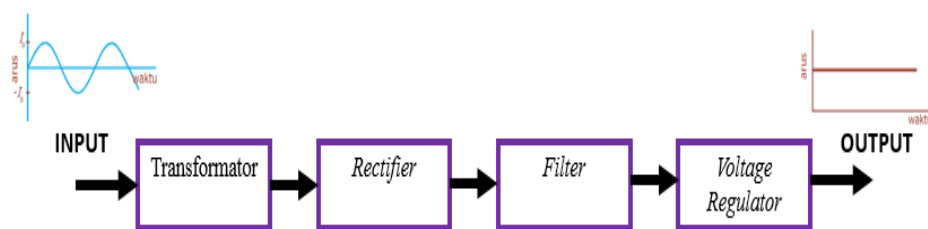
bus 20 kV. Pindahnya suplai daya yang bekerja dari penyulang normal ke penyulang *standby* melalui suatu perangkat *Automatic Change Over Switch*. Kecepatan *Automatic Change Over Switch* untuk pindah dari *incoming 1* ke *incoming 2* dapat diatur dengan waktu 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,5; 2 detik^[10]. Sesuai dengan peraturan PLN untuk pelanggan premium, *Automatic Change Over Switch* untuk pindah dari *incoming 1* ke *incoming 2* akan disetting 0,1 detik. Dengan *setting* 0,1 detik, maka saat terjadi perpindahan suplai dari *incoming 1* ke *incoming 2* tidak akan menimbulkan kedipan listrik (*voltage sag*). Sehingga dengan penggunaan *cubicle double incoming* diharapkan energi listrik dapat tersalurkan selama 24 jam nonstop. Dalam *cubicle double incoming* terdapat perangkat pengaman berupa relay sebagai pengatur dan pembatas untuk arus lebih dan sebagai proteksi terhadap gangguan hubung singkat antar fasa atau fasa ke tanah. Selain itu *Automatic Change Over Switch* juga dilengkapi dengan sistem *interlock* yang di mana kedua *incoming* akan saling mengunci dan tidak akan terparalel.

2.6 Power Supply / Catu Daya

Arus listrik yang biasa kita gunakan untuk keperluan sehari-hari pada umumnya akan dibangkitkan, dikirim dan didistribusikan ke tempat masing-masing dalam bentuk arus bolak-balik atau arus AC (*Alternating Current*). Akan tetapi, peralatan elektronika yang digunakan untuk sekarang ini sebagian besar membutuhkan arus searah atau arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir setiap peralatan elektronika memiliki

sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dan juga untuk menyediakan tegangan yang sesuai dengan rangkaian elektroniknya. Rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC disebut dengan *Power Supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya^[11]

Sebuah *Power Supply* pada dasarnya memiliki empat bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut di antaranya adalah *Transformer*, *Rectifier*, *Filter* dan *Voltage Regulator*. Gambar 2.3 merupakan blok diagram *power supply*.



Gambar 2.3 Blok Diagram *Power Supply*^[11]

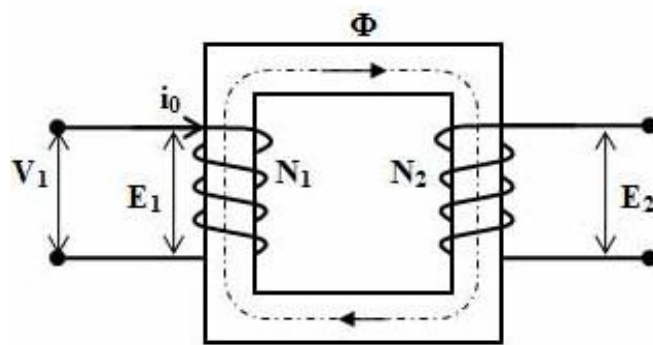
2.6.1 Transformator

Menurut Prof. Dr. Zuhail M.Sc.EE dalam buku prinsip dasar elektroteknik, transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari suatu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain, melalui suatu gandingan magnet berdasar prinsip induksi-elektromagnet.

Berdasarkan buku *Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk* oleh PT PLN (Persero), transformator atau trafo merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan,

secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama.

Dari definisi transformator diatas dapat diketahui bahwa transformator merupakan suatu peralatan listrik statis yang terdiri dari sebuah inti besi dan belitan yang berguna untuk mentransformasikan tegangan listrik bolak-balik menjadi lebih tinggi maupun lebih rendah dengan prinsip induksi elektromagnetik pada frekuensi yang sama. Gambar 2.4 merupakan kontruksi sederhana transformator.



Gambar 2.4 Kontruksi Sederhana Transformator

Bila dilihat dari gambar 2.4 maka bagian utama dari sebuah transformator terdiri dari sebuah inti besi dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Transformator bekerja berdasarkan pada Hukum Induksi Faraday dimana, apabila terdapat arus bolak-balik yang mengalir pada kumparan mengelilingi suatu inti besi, maka inti besi itu akan timbul elektromagnet. Akibat adanya induksi elektromagnet ini maka pada ujung belitan akan timbul beda potensial, akibat adanya beda potensial ini akan timbul gaya gerak listrik (GGL).

Besar tegangan keluaran (GGL) dari sebuah transformator, nilainya berbanding lurus dengan besar perubahan fluks pada saat terjadi induksi. Jika kumparan primer suatu transformator dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik, sementara kumparan sekunder dalam keadaan tidak dibebani, maka di kumparan primer mengalir arus yang disebut dengan arus beban nol (I_0). Arus ini akan membangkitkan fluks bolak-balik pada inti. Fluks bolak-balik ini dilingkupi oleh kumparan primer dan kumparan sekunder, sehingga pada kedua kumparan timbul gaya gerak listrik yang besarnya:

$$E_1 = 4.44.N_1.f.\phi$$

$$E_2 = -4.44.N_2.f.\phi$$

Pada persamaan di atas:

E_1 = Gaya gerak listrik pada kumparan primer (Volt)

E_2 = Gaya gerak listrik pada kumparan sekunder (Volt)

N_1 = Jumlah belitan kumparan primer

N_2 = Jumlah belitan kumparan primer

f = frekuensi tegangan sumber (Hz), dan

ϕ = fluks magnetik pada inti (weber)

Karena frekuensi dan fluks magnetik pada kumparan primer dan sekunder sama, maka diperoleh perbandingan:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Trafo dianggap ideal, yaitu dengan mengabaikan rugi-rugi tegangan, tahanan dan kerugian lainnya, maka besarnya daya yang diterima oleh transformator akan sama besarnya dengan daya yang diberikan pada beban, sehingga dapat ditulis :

$$P_1 = P_2$$

$$V_1.I_1 = V_2.I_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Besar tegangan dan kuat arus pada trafo bergantung banyaknya lilitan. Besar tegangan sebanding dengan jumlah lilitan. Makin banyak jumlah lilitan tegangan yang dihasilkan makin besar. Hal ini berlaku untuk lilitan primer dan sekunder. Hubungan antara jumlah lilitan primer dan sekunder dengan tegangan primer dan tegangan sekunder dapat dirumuskan

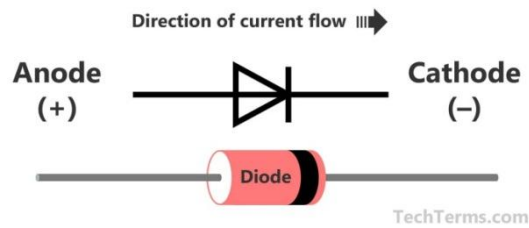
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dengan demikian untuk transformator ideal, maka akan berlaku persamaan transformasi sebagai berikut

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

2.6.2 Rectifier (Penyearah Gelombang)

Rectifier atau penyearah merupakan suatu rangkaian dalam *power supply* yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Komponen dalam rangkaian penyearah yang digunakan adalah dioda. Gambar 2.5 merupakan struktur dioda.

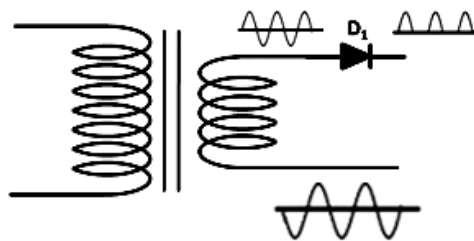


Gambar 2.5 Struktur Dioda^[13]

Dioda semikonduktor hanya dapat melewatkan arus dalam satu arah saja, yaitu ketika dioda memperoleh catu arah maju (*forward bias*). Dalam kondisi ini dikatakan dioda dalam keadaan konduksi/menghantar dengan tahanan dalam yang relatif kecil. Sebaliknya jika dioda diberi *reverse bias*, maka arus akan sulit mengalir disebabkan tahanan dalam dioda yang besar. Rangkaian dioda sebagai penyearah dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang merupakan penyearah yang paling sederhana, karena hanya menggunakan 1 buah dioda untuk menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari *power supply* dan melewatkan sisi sinyal positif-nya. Dapat dilihat pada gambar 2.6 rangkaian penyearah setengah gelombang. Gambar 2.6 merupakan sistem penyearah setengah gelombang.



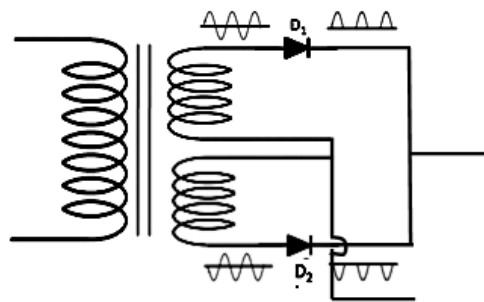
Gambar 2.6 Penyearah Setengah Gelombang^[12]

Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari 2 sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi positif gelombang dari arus AC yang masuk ke

dioda akan menyebabkan dioda menjadi di bias maju (*forward bias*) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan dioda dalam posisi *reverse bias*, sehingga menghambat sinyal negatif tersebut.

2. Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda

Penyearah gelombang penuh 2 dioda memerlukan transformator khusus yang dinamakan *Transformer CT (Center Tapped)*. Dapat dilihat pada gambar 2.7 merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda.



Gambar 2.7 Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda^[12]

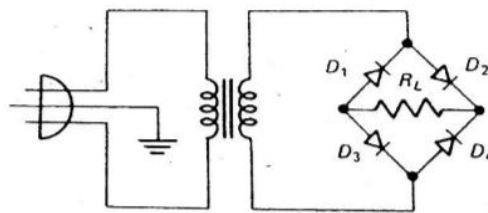
Di saat *output* transformator *CT* pada terminal pertama memberikan sinyal positif pada D1, maka terminal kedua pada transformator *CT* akan memberikan sinyal negatif yang berbeda fasa 180° dengan terminal pertama. D1 yang mendapatkan sinyal positif akan berada dalam kondisi *forward bias* (bias maju) dan melewatkan sisi sinyal positif tersebut, sedangkan D2 yang mendapatkan sinyal negatif akan berada dalam kondisi *reverse bias*, sehingga menghambat sisi sinyal negatifnya. Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada terminal pertama berubah menjadi sinyal negatif, maka D1 akan berada dalam kondisi *reverse bias* dan menghambatnya. Terminal kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi

sinyal positif, sehingga D2 berubah menjadi kondisi *forward bias* yang melewati sisi sinyal positif tersebut.

3. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda / Sistem Jembatan

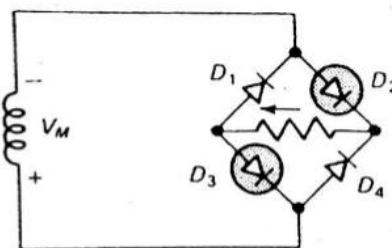
Penyearah jembatan merupakan penyearah yang paling banyak digunakan.

Gambar 2.8 adalah penyearah sistem jembatan.



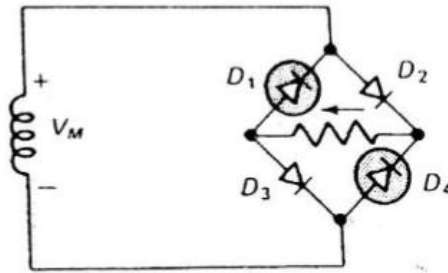
Gambar 2.8 Penyearah Jembatan^[12]

Prinsip kerja penyearah jembatan yakni selama setengah siklus positif tegangan sekunder trafo, dioda D2 dan D3 akan dibias *forward* sedangkan dioda D1 dan D4 dibias *reverse*, oleh sebab itu arus beban ke arah kiri. Proses selama setengah siklus positif ditunjukkan dalam gambar 2.9

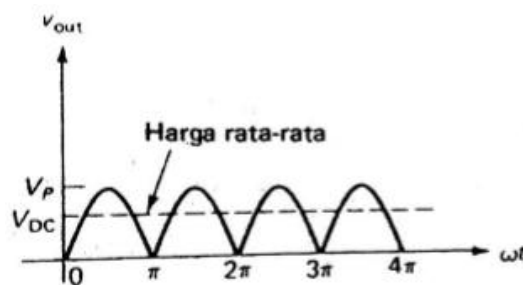


Gambar 2.9 Setengah Siklus Positif^[12]

Kemudian selama setengah siklus negatif, dioda D1 dan D4 akan dibias *forward*, sementara D2 dan D3 akan dibias *reverse*, sehingga arus beban akan ke arah kiri. Proses selama setengah siklus negatif ditunjukkan dalam gambar 2.9



Gambar 2.10 Setengah Siklus Negatif^[12]



Gambar 2.11 Sinyal Gelombang Penuh^[12]

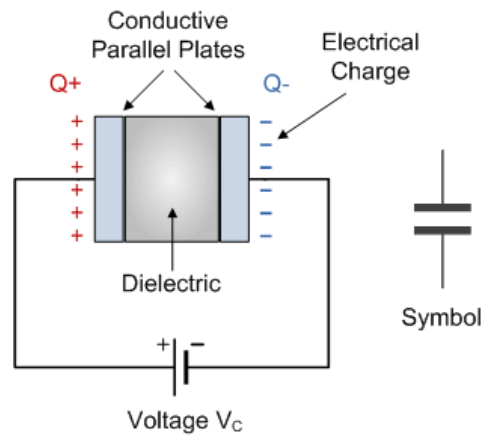
Dapat terlihat bahwa kedua siklus ini mempunyai arah arus yang sama, sehingga tegangan beban adalah sinyal gelombang penuh ditunjukkan pada gambar 2.11

2.6.3 Filter

Meskipun sudah menggunakan rangkaian penyearah untuk mengubah tegangan AC menjadi DC namun tegangan yang dihasilkan oleh penyearah masih kurang konstan dikarenakan masih berupa gelombang DC berdenyut. Untuk itu diperlukan *filter* untuk menstabilkan tegangan output yang dihasilkan. Penyaring yang digunakan dalam rangkaian catu daya adalah kapasitor, yaitu komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Kemampuan kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron dinamakan kapasitansi, satuannya adalah *farad* (F). Apabila kapasitor memiliki kapasitansi 1 *farad*, maka dengan tegangan

1 Volt kapasitor dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 *Coulomb* ($6,25 \times 10^{18}$)

^[14]. Gambar 2.12 adalah struktur dari kapasitor.



Gambar 2.12 Struktur Kapasitor^[15]

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah pelat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan *dielektrik* (keramik, gelas, kertas, dll) ditunjukkan pada gambar 2.12. Jika kedua ujung pelat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan berkumpul pada salah satu kaki elektroda metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang lain. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya.

Dalam rangkaian *power supply*, kapasitor digunakan untuk meratakan sinyal output dari penyearah dan memperlemah riak/ripple (komponen AC). Prinsip kerjanya adalah :

1. Selama $\frac{1}{4}$ periode pertama tegangan input, dioda dibias forward. Secara ideal akan terlihat seperti saklar tertutup. Karena dioda menghubungkan sumber

secara langsung pada kapasitor, maka kapasitor akan dimuati hingga mencapai tegangan puncak VP.

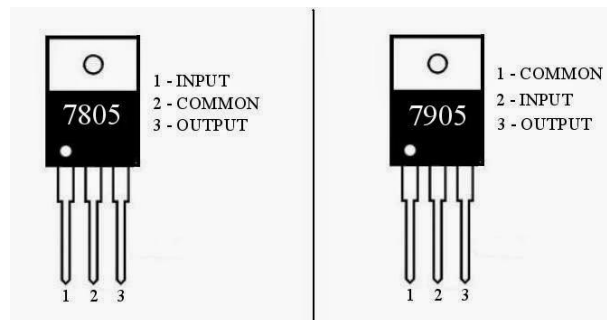
2. Setelah sinyal melewati puncak positif, maka dioda akan berhenti konduksi yang berarti saklar terbuka. Hal ini terjadi karena kapasitor mempunyai +Vp volt. Dengan tegangan sumber yang sedikit saja kurang dari +Vp, kapasitor akan memaksa arus kembali melalui dioda. Hal ini akan membias dioda secara reverse.
3. Karena dioda off, maka kapasitor mulai mengosongkan diri melalui resistansi beban RL. Muatan kapasitor akan hilang sedikit.
4. Pada puncak input positif berikutnya maka dioda akan bias forward dan mengisi kapasitor kembali.
5. Penyearah center-tap dan jembatan yang diberi filter kapasitor akan menghasilkan penyearahan puncak yang lebih halus karena kapasitor dimuati dua kali lebih sering. Hasilnya, ripple akan lebih kecil dan tegangan output DC mendekati tegangan puncak.

2.6.4 Voltage Regulator

Voltage regulator atau regulator tegangan merupakan rangkaian yang digunakan sebagai penstabil tegangan catu daya. Rangkaian ini dapat memberikan *output* tegangan DC yang teratur atau tetap pada nilai yang telah ditentukan, meskipun tegangan masukan atau beban yang tersambung berubah-ubah^[14]. Komponen elektronika yang digunakan sebagai regulator tegangan adalah dioda zener. Ciri khas dioda zener yakni bila dibias *forward*, maka dioda zener akan

bertindak sebagai dioda pada umumnya, sedangkan bila dibias *reverse*, dioda zener akan memberikan tegangan *output* yang relatif tetap sesuai dengan tegangan spesifikasinya, dengan syarat diberi catu tegangan yang lebih besar dari tegangan tembusnya (*breakdown voltage*)

Penggunaan *regulator* tegangan yang sekarang banyak digunakan sudah dalam bentuk *chip* IC. IC *regulator* tegangan tetap adalah keluarga 78XX untuk tegangan positif dan seri 79XX untuk tegangan negatif. Gambar 2.13 merupakan diagram *pinout* dari IC regulator.



Gambar 2.13 Diagram *Pinout* dari IC Regulator^[16]

Besarnya tegangan keluaran IC seri 78XX dan 79XX ini dinyatakan dengan dua angka terakhir pada serinya. Contoh IC 7805 adalah regulator tegangan positif dengan tegangan keluaran 5 Volt, sedangkan IC 7905 adalah regulator tegangan negatif dengan tegangan keluaran -5 Volt. Cara kerja dari IC 7805 adalah apabila tegangan input yang masuk sesuai dengan tegangan minimalnya, yaitu 8 Volt, maka output zener akan tetap sebesar 5 V, namun apabila input berada dibawah nilai tersebut, maka zener akan mengalami cut-off. Tabel 2.1 menunjukkan beberapa tipe IC *regulator* beserta batasan tegangannya.

Tabel 2.1 Tegangan *Input dan Output IC Regulator*

Tipe Regulator	Vin min	Vin maks	Vout
7805	8 V	20 V	5 V
7808	11,5 V	23 V	8 V
7812	15,5 V	27 V	12 V
7824	28 V	38 V	24 V

Di dalam *datasheet*, komponen IC regulator tegangan hanya bisa dilewati arus maksimal 1 Ampere. Kemampuan memberikan catu daya dari IC regulator tegangan dapat ditingkatkan kapasitasnya dengan menambahkan transistor eksternal, bisa transistor NPN atau PNP. Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri atas sebuah bahan tipe *p* dan diapit oleh dua bahan tipe *n* (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe *n* dan diapit oleh dua bahan tipe *p* (transistor PNP). Ketiga terminal transistor disebut *Emitor*, *Basis*, dan *Collector*.

Dengan penambahan transistor luar, maka sebagian besar dari arus akan dilewatkan pada transistor ini, sehingga IC *regulator* tegangan hanya berfungsi sebagai pengontrol tegangan saja. Jika pemasangan menggunakan transistor *pnp* maka *basis* terhubung ke *input* IC regulator, sedangkan jika menggunakan transistor *nnp* maka basis terhubung ke *output* IC *regulator*.

2.7 Sensor Arus ACS712

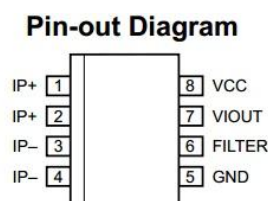
ACS712 merupakan sensor arus dalam bentuk IC terpaket yang sering digunakan untuk menggantikan transformator arus karena ukurannya relatif besar.

Sensor ACS712 dapat digunakan dalam pengukuran arus AC maupun DC, selain itu harga sensor arus ini cukup ekonomis dan pengukurannya cukup presisi. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ACS712 memiliki beberapa variasi dalam pengukuran arus maksimalnya, yakni 5A, 20A, dan 30A dengan VCC 5V.

Beberapa fitur dari sensor arus ACS712 adalah^[17] :

1. Waktu kenaikan perubahan luaran adalah 5 μ s.
2. Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
3. Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu $TA=25^{\circ}C$.
4. Memiliki sensitivitas 185 mV/A dengan *range* pengukuran 5V.
5. Tegangan kerja 5 V DC.

Gambar 2.14 menunjukkan diagram *pin-out* dari sensor arus ACS712.



Gambar 2.14 *Pin-out Diagram ACS712*^[17]

ACS mempunyai enam buah pin. Fungsi setiap pin pada ACS712 dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Fungsi Pin Sensor Arus ACS712

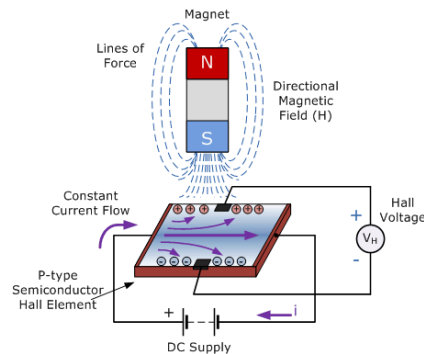
PIN	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya

GND	Terminal sinyal <i>ground</i>
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas <i>bandwidth</i>
Viout	Terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya

Sensor ACS712 menggunakan prinsip efek *Hall* dengan cara mendeteksi arus yang mengalir melalui pin IP+ dan IP-, dan memberikan *output* berupa tegangan. Keuntungan dari penggunaan sensor efek *Hall* adalah sirkuit yang dialiri arus (pin 1,2,3, dan 4) dengan sirkuit yang membaca besaran arus (pin 5 sampai 8) terisolasi secara elektris. Artinya, meskipun Arduino beroperasi pada tegangan 5V, namun pada sirkuit yang dialiri arus bisa diberi level tegangan DC maupun AC yang lebih besar dari tegangan tersebut. Pada ACS712, pendeteksian arus dimulai dengan fenomena yang dinamakan Hukum *Faraday* tentang induksi. Hukum ini menjelaskan bagaimana arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan menimbulkan medan elektromagnetik, dan bagaimana perubahan pada medan elektromagnetik dapat membuat atau menginduksi arus ke konduktor.

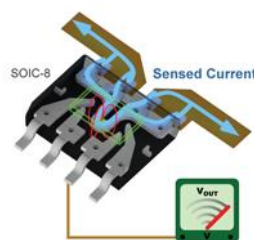
Tahap selanjutnya adalah efek *Hall*. Efek *Hall* adalah peristiwa membeloknya arus listrik di dalam pelat konduktor, karena adanya pengaruh medan magnet^[18]. Ketika arus listrik (*I*) mengalir pada lempengan logam dan logam tersebut terpengaruh oleh medan magnet (*B*) yang tegak lurus dengan arus, maka pembawa muatan (*charge carrier*) yang bergerak pada logam akan mengalami pembelokan oleh medan magnet tersebut. Akibat dari proses itu akan terjadi penumpukan muatan pada sisi-sisi logam setelah beberapa saat.

Penumpukan atau pengumpulan muatan dapat menyebabkan sisi logam menjadi lebih elektropositif ataupun elektronegatif tergantung pada pembawa muatannya. Perbedaan muatan di kedua sisi logam ini menimbulkan perbedaan potensial yang disebut sebagai Potensial *Hall*. Gambar 2.15 merupakan prinsip kerja efek *Hall*.



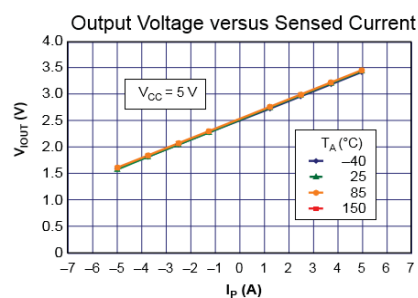
Gambar 2.15 Prinsip Kerja Efek *Hall*^[18]

Pada ACS712 pin yang dialiri arus akan terhubung ke konduktor tembaga yang terhubung secara internal, sehingga arus akan banyak mengalir pada bagian ini. ACS712 memiliki sensor efek *Hall* yang diletakkan di dekat konduktor tembaga, sehingga jika arus mengalir melalui konduktor dan menghasilkan medan magnet, medan magnet ini akan dideteksi oleh sensor efek *Hall* (berupa lempengan bahan semikonduktor) yang outputnya berupa tegangan dengan nilai sesuai dengan arus *input*. Proses deteksi arus ACS712 ini ditunjukkan dalam gambar 2.16.



Gambar 2.16 Prinsip Kerja Sensor Arus ACS 712^[18]

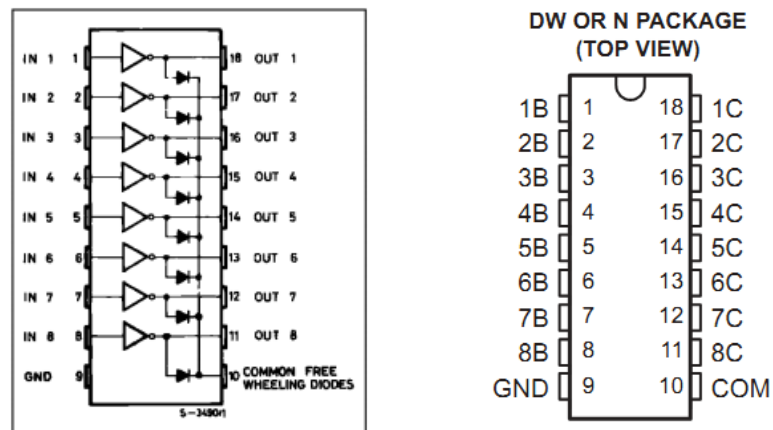
Karakteristik dari sensor ini adalah ketika tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian, maka keluaran sensor adalah setengah dari V_{cc} yaitu 2,5 V. Dan ketika arus mengalir dari pin IP+ ke IP-, maka keluaran akan $> 2,5$ V, sedangkan ketika arus mengalir dari IP- ke IP+ maka keluaran akan $< 2,5$ V. Gambar 2.17 menunjukkan hubungan antara tegangan *output* dengan arus yang dideteksi sensor.



Gambar 2.17 Hubungan Tegangan *Output* dengan Arus^[17]

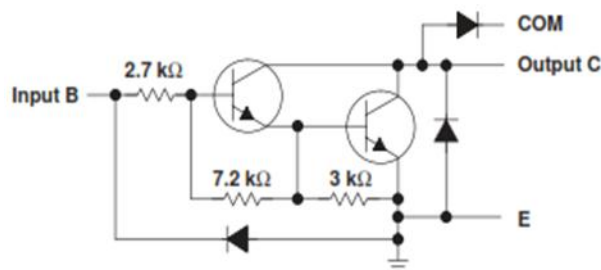
2.8 Driver Relay ULN2803

Driver relay merupakan rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan *relay*. Rangkaian ini digunakan sebagai *interface* antara *relay* yang memiliki tegangan kerja bervariasi (misal 12 V) dengan microcontroller yang hanya bertegangan 5 V. Sebab, tegangan *output* mikrokontroler sebesar 5V tersebut belum bisa digunakan untuk mengaktifkan *relay*. Gambar 2.18 merupakan *pinout* dari IC ULN2803.



Gambar 2.18 Pinout IC ULN2803^[19]

ULN2803 merupakan salah satu chip IC yang mampu difungsikan sebagai driver relay. ULN2803 adalah komponen elektronik yang terdiri dari 8 transistor pasangan Darlington. Kapasitas arus kolektor setiap transistor Darlington sebesar 500 mA. Gambar 2.19 merupakan diagram skematik transistor darlington.

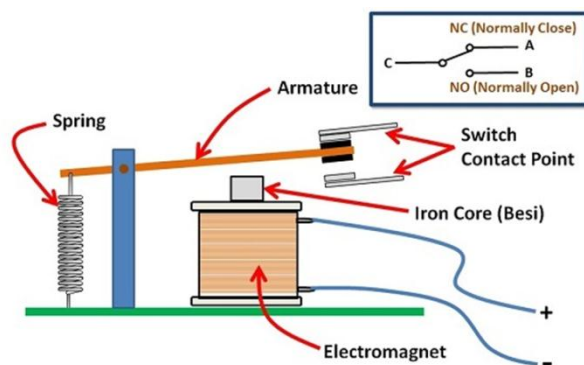


Gambar 2.19 Skematik Transistor Darlington

Prinsip kerja transistor Darlington sebagai saklar sama seperti transistor tunggal yang berfungsi sebagai saklar yaitu ketika transistor dalam kondisi saturasi di mana terdapat arus yang mengalir ke pin basis transistor sehingga memicu transistor dapat menghantarkan arus ke kolektor. Penggunaan transistor Darlington bertujuan untuk meningkatkan penguatan arus basis sehingga dapat menghantarkan arus yang lebih besar.

2.9 Relay

Dalam dunia elektronika, *relay* didefinisikan sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. *Relay* yang paling sederhana adalah *relay* elektromekanis yang bergerak secara mekanis saat mendapatkan energi listrik. Sederhananya, *relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar, sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Gambar 2.20 merupakan struktur *relay*.



Gambar 2.20 Struktur *Relay*^[20]

2.9.1 Bagian Bagian *Relay*:

a. *Spring*

Pegas atau per yang berfungsi sebagai penarik tuas. Ketika sifat kemagnetan ferromagnetik hilang, maka *spring* berfungsi untuk menarik tuas ke atas.

b. *Armature*

Merupakan tuas logam yang bisa naik turun. Tuas akan turun jika tertarik oleh magnet ferromagnetik (elektromagnetik) dan akan kembali naik jika sifat kemagnetan ferromagnetik sudah hilang.

c. *NC Contact*

NC singkatan dari *Normally Close*. Kontak yang secara *default* terhubung dengan kontak sumber (kontak inti) ketika posisi off.

d. *NO Contact*

NO singkatan dari *Normally Open*. Kontak yang akan terhubung dengan kontak sumber (kontak inti) ketika posisi ON.

e. *COM Contact*

Merupakan kontak sumber yang akan terhubung dengan kontak NC atau kontak NO

f. Kumparan Elektromagnet.

Kabel lilitan yang membelit logam ferromagnetik. Berfungsi sebagai magnet buatan yang sifatnya sementara.

g. *Core*

Merupakan inti besi yang dililiti kumparan.

2.9.2 Prinsip Kerja Relay

Berdasarkan gambar 2.20 prinsip kerja *relay* yaitu terdapat sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil*. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Sedangkan posisi di mana *armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi open atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik,

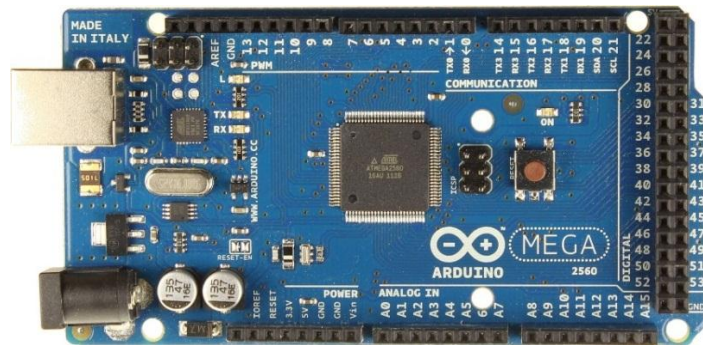
armature akan kembali lagi ke posisi awal (NC). Kontak poin (*contact point*) *relay* terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup)
2. *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).

2.10 Arduino Mega 2560

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* bersifat *open-source* yang dirancang sebagai otak untuk mengatur input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik. Komponen utamanya berupa sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. *Sedangkan software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri^[20]

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasiskan Atmega 2560 yang memiliki 54 pin digital *input/output*, di mana 15 pin di antaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input analog*, 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, *header ISCP*, dan tombol *reset*. Gambar 2.21 merupakan *board* Arduino Mega 2560 dan gambar 2.22 merupakan spesifikasi dari Arduino Mega 2560.



Gambar 2.21 Board Arduino Mega 2560^[21]

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Gambar 2.22 Spesifikasi Arduino Mega 2560^[21]

Arduino Mega 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adaptor AC-DC atau baterai. Board Arduino Mega 2560 dapat beroperasi dengan daya eksternal 6V sampai 20V. Jika tegangan kurang dari 7V, maka pin 5V mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5V dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber

tegangan menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak *board*. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 – 12V. Pin-pin pada bagian power yang terdapat pada Arduino Mega 2560 adalah sebagai berikut^[21] :

1. **VIN** : Tegangan input ke *Board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
2. **5V** : pin output ter-regulator dengan tegangan 5V. Tegangan ini sudah diatur dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan Arduino.
3. **3.3V** : pin output ter-regulator dengan tegangan 3.3V. Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
4. **GND** : pin ground

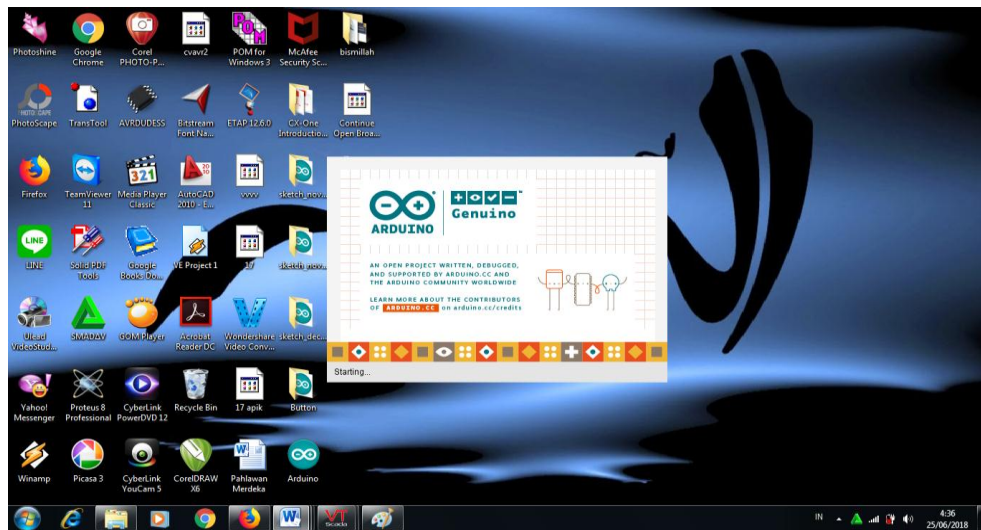
Setiap pin digital pada Arduino Mega 2560 yang berjumlah 54 pin, dapat digunakan sebagai input atau output dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Setiap pin mempunyai arus maksimum 40 mA dan mempunyai resistor *pull-up* internal dengan hambatan 20-50 kOhms. Berikut adalah beberapa pin yang memiliki fungsi khusus :

1. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX).** Pin ini digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial TTL.
2. **Interupsi Eksternal:** pin 2 (*interrupt 0*), pin 3 (*interrupt 1*), pin 18 (*interrupt 5*), pin 19 (*interrupt 4*), pin 20 (*interrupt 3*), dan pin 21 (*interrupt 2*). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.

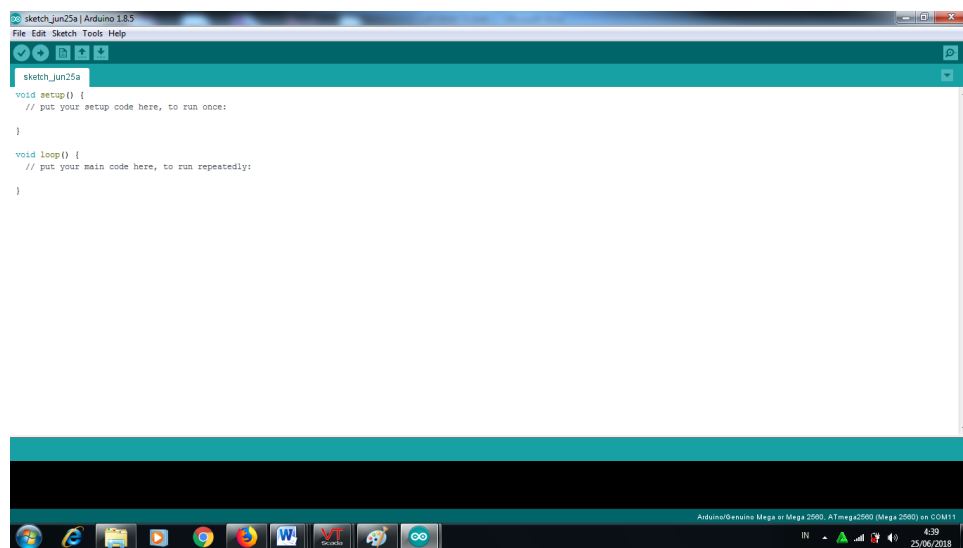
3. **PWM: pin 0 sampai 13.** Pin ini digunakan untuk *output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
4. **SPI: pin 50 (MISO), 5 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*.
5. **LED: pin 13.** Pin ini dilengkapi dengan LED yang sudah tersedia pada papan *Arduino (built-in)*. Ketika pin bernilai tinggi maka LED akan menyala, dan sebaliknya akan mati jika bernilai rendah.
6. **I²C: pin 20 (SDA) dan 21 (SCL).** Pin ini mendukung komunikasi TWI menggunakan *Wire library*.

Arduino Mega 2560 mempunyai 16 pin *input analog* yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara otomatis pin ini dapat diukur/diatur mulai dari ground sampai 5 V, meskipun bisa juga merubah titik jangkauan tertinggi menggunakan pin AREF dengan fungsi *analogReference()*. Pemrograman Arduino Mega 2560 dapat dilakukan menggunakan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software open source* dari Arduino. *Software* ini berfungsi untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner, dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler. Berikut adalah cara menggunakan software Arduino IDE:

1. Menjalankan Arduino IDE yang sudah terinstal pada komputer atau laptop. Setelah terbuka, akan muncul tampilan seperti gambar 2.23 dan gambar 2.24.



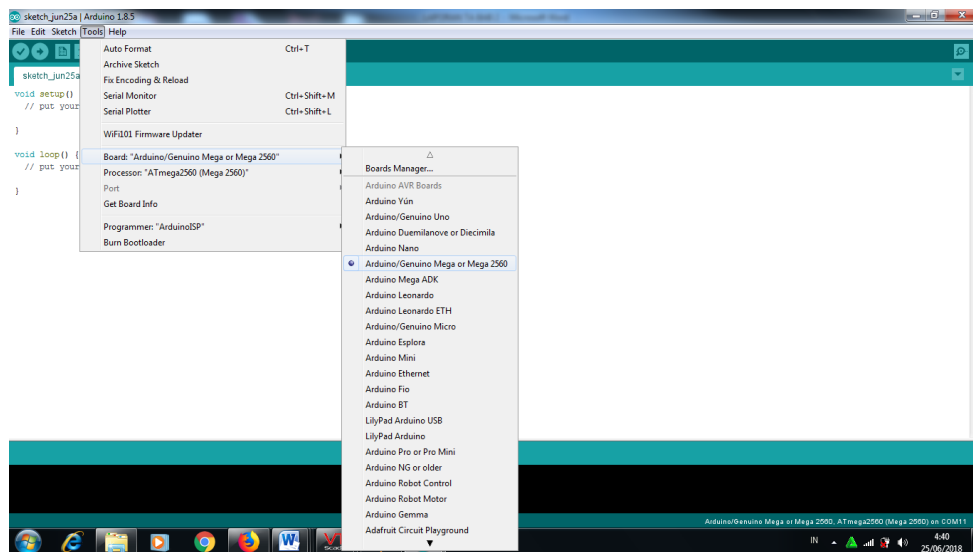
Gambar 2.23 Aplikasi Arduino IDE
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)



Gambar 2.24 Tampilan Awal Arduino IDE
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

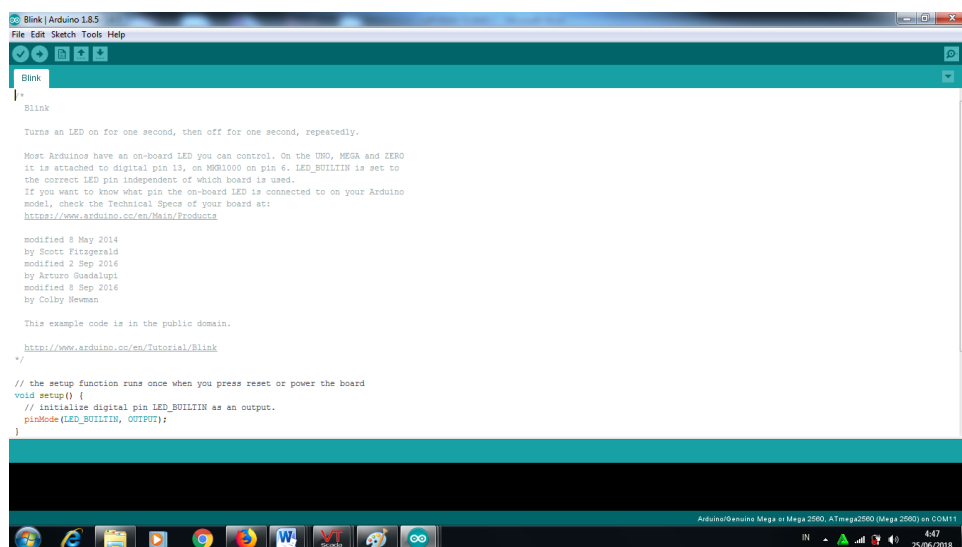
2. Pilih menu *Tools* → *Board*

Memilih board “Arduino Mega or Mega 2560” karena di sini akan menggunakan Arduino Mega 2560. Gambar 2.25 menunjukkan tampilan saat pemilihan board “Arduino Mega or Mega 2560”.



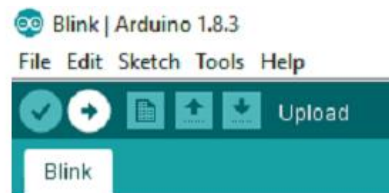
Gambar 2.25 Memilih Board Arduino Mega
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

3. Mulis *sketch* (program) sesuai *project* yang dikerjakan, atau dapat memilih menu File → Examples → Basics, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan. Bagian *examples* berisi contoh-contoh *sketch* bawaan untuk mempermudah *user* ketika memprogram Arduino. Gambar 2.26 merupakan contoh sketch LED.



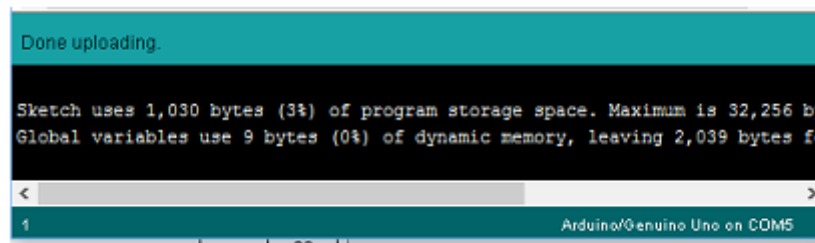
Gambar 2.26 Contoh Sketch LED
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

4. Klik tombol *Upload* pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* tersebut ke Arduino. Dapat dilihat bahwa lampu LED RX pada Arduino akan berkedip-kedip ketika menerima program. Gambar 2.27 menunjukkan ikon upload.



Gambar 2.27 *Icon Upload*
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

Jika program berhasil di-upload, maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.28. Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada pemrograman dan pengiriman, maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.29.



Gambar 2.28 Program Berhasil di-Upload
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)



Gambar 2.29 Program gagal di-Upload
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

2.11 *Ethernet Shield*

Ethernet Shield merupakan piranti yang menambah kemampuan *board* Arduino agar terhubung ke jaringan komputer. Gambar 2.30 merupakan *ethernet shield*



Gambar 2.30 *Ethernet Shield*^[22]

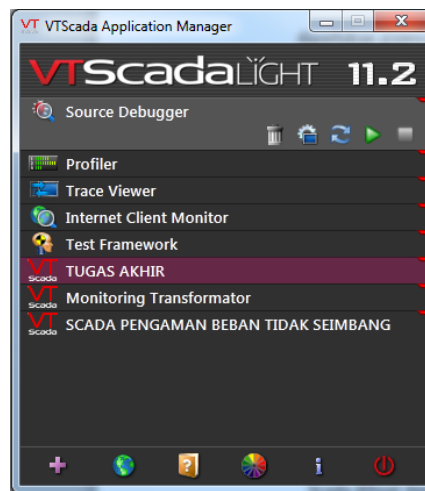
Ethernet shield berbasiskan *chip* ethernet *Wiznet W5100*. *Ethernet library* digunakan dalam menulis program agar *Arduino board* dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan *ethernet shield*. Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. *On board micro-SD card reader* diakses dengan menggunakan *SDlibrary*. *Arduino board* berkomunikasi dengan *W5100* dan *SD card* menggunakan bus *SPI (Serial Peripheral Interface)*. Komunikasi ini diatur oleh library *SPI.h* dan *Ethernet.h*. Bus *SPI* menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada *Arduino Uno* dan pin 50, 51, dan 52 pada *Arduino Mega*. Pin digital 10 digunakan untuk memilih *W5100* dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD*

card. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk *input/output* ketika kita menggunakan *ethernet shield*.

Untuk menghubungkan *ethernet shield* dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar, yaitu *ethernet shield* harus diberi alamat MAC (*Media Access Control*) dan alamat IP (*Internet Protocol*). Sebuah alamat MAC adalah sebuah identifikasi unik secara global untuk perangkat tertentu. Alamat IP yang valid tergantung pada konfigurasi jaringan. Hal ini dimungkinkan untuk menggunakan *DHCP* untuk secara dinamis menentukan sebuah IP. Selain itu juga diperlukan *gateway* jaringan dan *subnet*^[11].

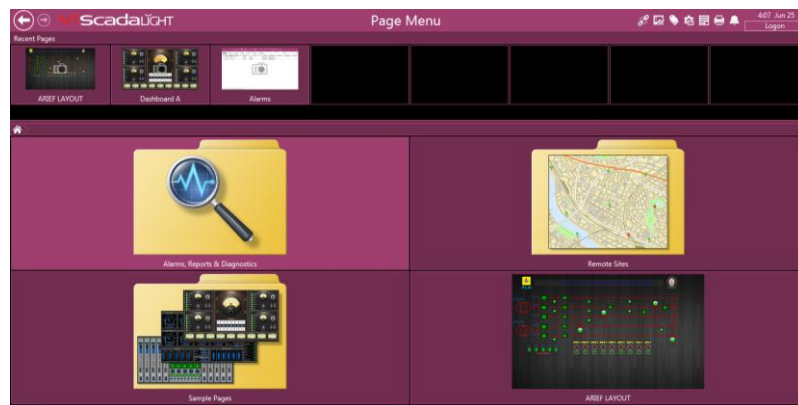
2.12 Aplikasi VTScada

VTScada merupakan sebuah aplikasi *virtual scada*, yang dapat digunakan untuk monitoring dan kontrol dalam berbagai proyek kerja. VTScada dapat digunakan untuk keperluan industri, *software* ini menyediakan layar antarmuka yang dapat mengontrol peralatan lewat komputer. Termasuk dapat mengoperasikan *relay*, katup-katup pipa dan motor atau menampilkan besar arus dan tegangan melalui layar. VTScada dibuat dengan ribuan *input / output* dalam 1 server (maks 50 I/O untuk versi light). Tampilan dari software VT Scada ditunjukkan pada gambar 2.31



Gambar 2.31 Tampilan awal VTScada
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)

Selanjutnya pada gambar 2.32 merupakan tampilan edit dari aplikasi VTScada.



Gambar 2.32 Tampilan edit pada layar VTScada
(Sumber: *Screen capture* pada tanggal 25 Juni 2018)